

Hautala Ilkka

PURISTINTYÖVAIHEEN AUTOMATISOINTI

Opinnäytetyö

KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Marraskuu 2011



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieska	Aika marraskuu 2011	Tekijä Hautala Ilkka
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn nimi Puristintyövaiheen automatisointi		
Työn ohjaaja Kaarela Jari		Sivumäärä 26
Työelämäohjaaja Savukoski Jari		
<p>Työ tehtiin ohutlevytuotteita valmistavalle Mecanova Oy:n Nivalan tehtaalle. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda suunnitelma ja layout puristintyövaiheen automatisoimiseksi.</p> <p>Työn tekeminen aloitettiin tutustumalla käytössä oleviin laitteisiin ja työvaiheen sen hetkiseen työnkulkuun. Puristintyövaiheen kappaleen käsittely tehtiin kokonaan käsin ihmisen toimesta, tähän haluttiin automatisoitu ratkaisu. Yrityksessä oli kaksi robottia tarpeettomana, joista toinen oli sopivan kokoinen tämän työvaiheen automatisointiin.</p> <p>Työssä käydään läpi ensin epäkeskopuristimien ja robottien teoriaa, jonka jälkeen käsitellään työssä apuna käytettyjä suunnitteluohjelmistoja. Työn edetessä mallinnettiin Solidworks-ohjelmistolla epäkeskopuristin ja muut tarvittavat komponentit 3DCreaten simulointiohjelmaa varten.</p>		

Asiasanat

Automatisointi, epäkeskopuristin, robotiikka

ABSTRACT

Unit Central Ostrobothnia of Applied Science	Date November 2011	Author Hautala Ilkka
Degree program Mechanical and production engineering		
Name of thesis Automation of excenter press work phase		
Instructor Kaarela Jari		Page 26
Supervisor Savukoski Jari		
<p>This work was done for Mecanova Ltd., Nivala factory that manufactures sheet metal parts. The aim of this thesis was to create a plan and a layout for automating a certain excenter press work phase.</p> <p>The work was started by getting to know the equipment and how the work phase was done currently. It was found out that the work piece was handled all manually by a human. Thus an automated solution was needed. There were two extra robots at the company that were not currently in any use. One of those robots was well suited for this automation project.</p> <p>First the focus in this thesis is on the theory of excenter presses and robots. After that Solidworks designer program is presented. The program was used in design the excenter press and all the needed components for 3D Create simulation program.</p>		
Asiasanat Automate, excenter press, robotics.		

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
1.1 Tavoite	1
1.2 Toteutus	2
1.3 Yrityksen esittely	2
2 PURISTIMET	3
2.1 Mekaaniset epäkeskopuristimet	4
2.2 Hydrauliset puristimet	5
3 TEOLLISUUSROBOTTI	7
3.1 Robotin määritelmä	7
3.2 Teollisuusrobottien kehittyminen	8
3.3 Teollisuusrobottien rakenteita	10
3.4 Kiertyvänivelinen robotti	12
3.5 Tarttuja	13
3.6 Oheislaitteet	13
4 PURISTINTYÖVAIHEEN AUTOMATISOINTI	15
4.1 Suunnittelussa käytetyt ohjelmistot	15
4.2 Layout- suunnittelu	15
4.3 Työkierto	17
4.4 Mallintaminen	19
5 TULOKSET	24
6 YHTEENVETO	25
LÄHTEET	26

1 JOHDANTO

Suomeen sana automaatio tuli jo 1950-luvun alkupuolella, mutta sen varsinaista merkitystä oli vaikea määrittää. Tämän vuoksi sana hävisi käytöstä ja sen tilalle otettiin muita termejä. Puhuttiin muun muassa mittaus- ja säätötekniikasta, servotekniikasta, analysaattoritekniikasta ja systeemitekniikasta. Noin kaksi vuosikymmentä myöhemmin automaatio sana palasi, ja se otettiin käyttöön sekä oppilaitoksissa että yleiskielessä. Automaatiolla käsitetään pitkälle automatisoitujen koneiden ja tuotantolinjojen käyttöä sekä automaattisten tuotantolaitteiden ja -laitosten suunnittelua ja toteuttamista. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1999, 7.)

Mitta-antureiden avulla tehtyjä mittauksia, joista kerätään mittaustietoa, voidaan pitää lähtökohtana automaatiolle. Automaatio perustuu aina mittauksiin. Automaatio sisältää mittauksiin pohjautuvia säätöjä ja ohjauksia. Jos mittaukset tai säädöt puuttuvat, voidaan kyseenalaistaa automaatio-sanankäyttö. (Kippo & Tikka 2008, 7.) Kyky mitata, säätää ja toteuttaa haluttu toimenpide, jonka ihminen on ennakkoon asettanut vaatimusten mukaiseksi, on edellytyksenä automatisoinnille. (Heinonkoski, Asp & Hyppönen 2008, 13.) Kun koneet ja laitteet toimivat ohjelmoidusti ilman ihmisen jatkuvaa ohjausta, voidaan vasta tällöin puhua automaatiosta. (Kippo & Tikka 2008, 17.)

Erilaiset ratkaisut, jotka tehdään automatisoinnin johdosta, on luotava ihmisten ehdoilla. Ratkaisu on hyödytön, mikäli työntekijät eivät pysty käyttämään jotakin järjestelmää. Toisena lähtökohtana ratkaisujen suunnittelussa on, että automaattiset tuotantoprosessit eivät aiheuta ihmisille vaaraa. (Kippo & Tikka 2008, 9.) Automatisointi on huomattavasti laajempi käsite, kuin pelkästään teollisuusrobotin avulla tehty työvaiheen automatisointi, kuten tässä työssä on tehty.

1.1 Tavoite

Työn tavoitteena oli suunnitella epäkeskopuristimella tehtävän työvaiheen automatisointi. Yrityksessä oli olemassa valmiina tähän soveltuva Motoman XRC UP20 käsivarsirobotti. Robotisointi on ollut viime vuosikymmenten aikana kovasti kehittynyt automatisoinnin

muoto, jonka käyttömahdollisuuksia ja kohteita kehitetään koko ajan lisää. Yrityksessä on käytössä jo useita robotteja, muun muassa särmäyksessä, kierteytyksessä, upotuksessa, sekä jäysteenpoistossa. Työn kohteena oleva puristettava kappale on valmistettu alumiinista, joka täytyi ottaa huomioon esimerkiksi robotin tarttujaa suunniteltaessa.

1.2 Toteutus

Työn tekeminen aloitettiin tutustumalla yrityksen tämän hetkiseen toimintaan kyseisellä epäkeskopuristimella. Epäkeskopuristimella tehdään useita eri tuotteita suunnittelussa olleen automatisoitavan tuotteen lisäksi. Useat näistä muista tuotteista tehdään jonotyökalulla, jonka apuna ovat kelasyöttölaite ja oikaisurullalaitteisto. Näitä laitteita olisi pystyttävä käyttämään myös robotisoinnin jälkeen, vaikkei robottia niiden kanssa pystytäkään hyödyntämään. Turvaratkaisujen suunnittelu rajattiin työn ulkopuolelle, jottei työn laajuus kasvaisi liian suureksi. Turvaratkaisujen suunnittelusta olisi mahdollista tulevaisuudessa jatkaa tekemällä aiheesta opinnäytetyö. Työ koostuu epäkeskopuristimien, robottien ja automatisoinnin teorioiden käsittelystä. Seuraavaksi työssä käsitellään solun ja tarvittavien laitteiden sekä layoutin suunnittelua.

1.3 Yrityksen esittely

Opinnäytetyön kohdeyrityksenä on Mecnova Oy Nivalan tehdas (KUVIO1.) Mecnova on ohutlevymekaniikan sopimusvalmistaja, joka toimittaa mekaniikkaa sisältäviä kokonaisuuksia, järjestelmiä ja kokoonpanoja tietoliikenneteollisuudelle, sähkö- ja elektroniikkateollisuudelle, sekä muille teollisuuden asiakkaille. (Mecnova, 2011.)



KUVIO1. Mecnova Oy Nivalan tehdas. (Mecnova, 2011.)

2 PURISTIMET

Puristimen perusosana on runko, jonka täytyy kestää erilaisten puristintyökalujen aiheuttamat pystysuuntaiset voimat. Puristimet toimivat joko mekaanisesti tai hydraulisesti. Molemmilla toimintatavoilla toteutetut puristimet voidaan jaotella runkorakenteen mukaan:

- C-runkoinen yksipylväinen
- C-runkoinen kaksipylväinen
- kaksipylväinen
- nelipylväinen

Yksipylväisiä puristimia kutsutaan myös C-runkoisiksi, niiden ulkonäön perusteella. Tämä on usein käytetty rakenne pienissä puristimissa. Näissä pöytä on avoin kolmelta sivulta, jonka ansiosta työkalujen ja aihoiden paikoilleen asettaminen on esteetöntä. Kaksi- ja nelipylväiset rakenteet ovat yleisiä suuremmissa puristimissa, niistä käytetään myös nimitystä O-runkoiset puristimet. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2009, 248.)

Tässä työssä käytettiin puristimena Industria Masetto Schion valmistamaa IMS 80-RE epäkeskopuristinta, joka esitetään kuviossa 2. Epäkeskopuristimen suurin puristusvoima on 800kN, eli 80tonnia. Tämä epäkeskopuristin on tällä hetkellä yrityksessä käytössä yhdessä nauhasyöttölaitteiston kanssa. Laitteiston avulla metallikelalta tulevasta metallinauhasta puristetaan leikkaamalla ja muovaamalla valmiita tuotteita. Suunniteltavassa robotisoidussa solussa oli otettava huomioon myös tämä seikka, että epäkeskopuristimella olisi pystyttävä myöhemminkin tekemään samoja tuotteita, joita sillä oli tehty robotisointiin saakka.

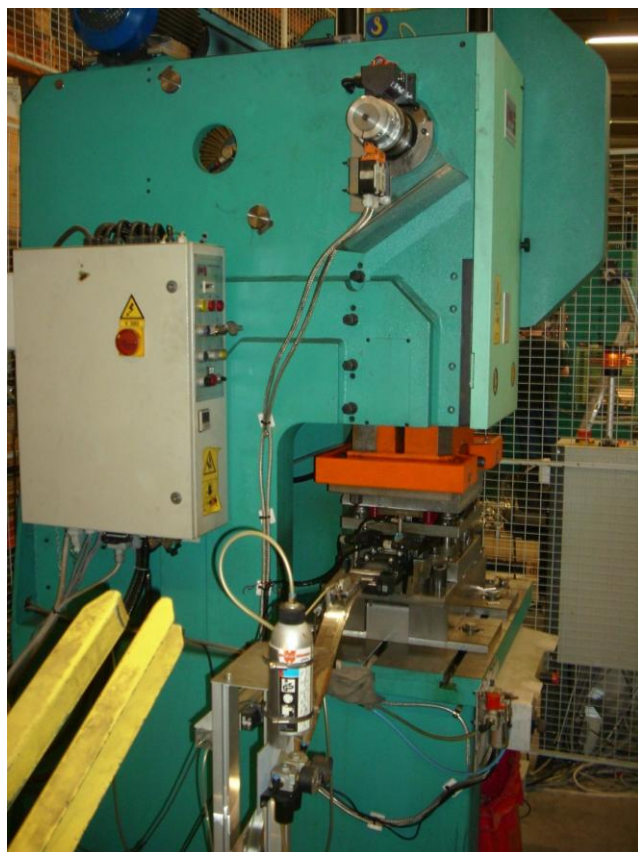


KUVIO2. Epäkeskopuristin IMS 80-RE.

2.1 Mekaaniset epäkeskopuristimet

Epäkeskopuristin on kone, joka saa aikaan sähkömoottorin tuottamaa pyörimisvoimaa hyväksikäyttäen pystysuuntaisen iskun. Koneessa on kampiakseli, johon on kiinnitetty kiertokanki. Kiertokangen alapäässä on liikkuva osa, johon työkalun yläosa voidaan kiinnittää. Sen alla on pöytä, johon kiinnitetään työkalun alaosa. Epäkeskopuristimia löytyy käyttötarkoituksesta riippuen erikokoisia. Suuret tai monimuotoiset kappaleet vaativat voimakkaampia puristimia kuin pienet ja tai yksinkertaiset kappaleet.

Mekaanisesti toimivissa epäkeskopuristimissa työn vaatima voima siirretään sähkömoottorin pyörittämästä vauhtipyörästä epäkeskeisen akselin välityksellä puskimeen, joka tekee työliikkeen. Näitä epäkeskopuristimia ja erityisesti C-runkoisia käytetään eniten meistotekniikan leikkaus- ja taivutustöissä. (Kuvio3.)



KUVIO3. C-runkoinen epäkeskopuristin.

Kuvion 3 epäkeskopuristin on yksitoiminen, koska sen puskin suorittaa ainoan toimivan työliikkeen. Syvävedossa ja venytysmuovauksessa käytettävät mekaaniset epäkeskopuristimet vaihtelevat paljon sekä rakenteeltaan että kooltaan. Epäkeskopuristimen puskinda saattaa joissain malleissa käyttää jopa neljä kiertokankea, joiden ansiosta epäkeskeiset kuormitukset tasoittuvat. Näillä epäkeskopuristimilla ovat myös hitaat muovausliikkeet mahdollisia. (Ihalainen ym. 2009, 248.)

2.2 Hydrauliset puristimet

Hydraulisissa puristimissa muovaukseen tarvittava energia saadaan sähkömoottorin käyttämästä öljypumpusta. Vetonopeus on vähän pienempi kuin mekaanisissa epäkeskopuristimissa. Vaikka nopeus onkin vähän pienempi, pitää sähkömoottorin tehon olla suuri, koska energiaa ei varastoida vauhtipyörään. Hydraulitoimiset puristimet ovat mekaanisia epäkeskotoimisia puristimia yleisempiä ja ovat hyvin usein vähintään kaksi- tai kolmitoimisia, joskus jopa nelitoimisiakin. Puskimen nopeus ja voima ovat säädettäviä ja

niiden maksimiarvot ovat vakioita liikkeen eri kohdissa, toisin kuin mekaanisissa puristimissa. Lisäksi iskun alku- ja loppupisteitä pystytään helposti säätämään rajakatkaisimilla. Hydraulisen puristimen voima riippuu mäntien poikkipinta-alasta ja niihin vaikuttavasta öljynpaineesta. (Ihalainen ym. 2009, 249.) Kuviossa 4 esitetään nykyaikaisen hydraulisen puristimen malli.



KUVIO4. Hydraulinen puristin. (Dirinler, 2011.)

3 TEOLLISUUSROBOTTI

Sana robotti tarkoittaa yleensä mekaanista konetta tai laitetta, joka kykenee toimimaan jollakin tavalla fyysisessä maailmassa. Alun perin robotti-sanalla on tarkoitettu etymologian mukaisesti mekaanista työläistä tai orjaa. Tämä vaikuttaa sanan robotti merkitykseen edelleen niin, että mikä tahansa automaattisesti toimiva kone ei ole robotti. Robotilta täytyy löytyä jonkinlaisia ihmisen kanssa yhteisiä piirteitä. Esimerkiksi yleisesti teollisuudessa käytössä oleva nivelrobotti mukailee ihmisen käsivarren rakenteita. Sana robotti juontaa juurensa 1920-luvulla esitetystä tsekkiläisen kirjailijan Karel Capekin näytelmästä R.U.R (Rossum's Universal Robots). Robota on tsekinkielinen termi, joka tarkoittaa tehdä työtä pakosta. Robot on englanninkielinen vastine sanalle robota. (Aaltonen, Torvinen 1997, 138.)

3.1 Robotin määritelmä

Teollisuusrobotti on SFS-EN 775 standardin mukaan:

Automaattisesti ohjattu, uudelleen ohjelmoitava ja monikäyttöinen käsittelylaite, jolla on useita vapausasteita, ja joka voi olla joko kiinteästi paikalleen tai liikkuvaksi asennettuna, käytettäväksi teollisuuden automaatiojärjestelmissä”. (Suomen standardisoimisliitto SFS, 1993.)

Määritelmän (ISO 8373) mukaan teollisuusrobotti on uudelleen ohjelmoitavissa oleva monipuolinen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisten tehtävien suorittamiseksi teollisuuden sovelluksissa. Uudelleen ohjelmoitavuus on siis olennainen piirre. (Heinonkoski ym. 2008, 110.)

Teollisuusrobotti on yksinkertaistettuna mekaaninen kone, joka siirtää työkalun kiinnityslaippaa halutulla tavalla. Liikerata voi olla joko kokonaan etukäteen määritetty, toimintaympäristön tapahtumien perusteella valittava tai anturitietojen perusteella liikkeiden aikana määritelty. Robotin jalustan ja työkalun välissä on tukivarsia, jotka kytkeytyvät toisiinsa nivelillä. Takaisinkytketysti ohjattavat servotoimilaitteet liikuttavat niveliä. (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen 2001, 305.) Käsitteenä robotti on saatu koskettamaan jokapäiväistä tuotantoautomaatiota nykytekniikan ansiosta. (Keinänen ym.

2001, 303.) Ohjelmoitavuus sekä monipuolinen mekaaninen liike ovat robotin keskeisiä tekijöitä.

3.2 Teollisuusrobottien kehittyminen

Mekaaninen piano ja reikäkortein ohjattu Jacquardin kutomakone 1800-luvun lopulta ovat antaneet pohjan robottien kehitykselle. Tieteiskirjallisuudessa robotit ovat olleet kautta aikojen suosittuja aiheita. (Aaltonen & Torvinen 1997, 138.) 1960-luvun alussa robotteja alettiin suunnitella ja valmistaa kaupallisesti. 1970-luvulla-luvulla robotit yleistyivät teollisuuden piiriin, jossa robottien sovelluskohteet ovat nykyäänkin. (Aaltonen & Torvinen 1997, 139.) Kuviossa 5 on esitetty nykyaikainen nivelvarsirobotti.



KUVIO5. Teollisuusrobotti Motoman. (Motoman 2011.)

Tärkeimmät robotisoinnin perusteista ovat vaarallisten, raskaiden ja puuduttavien työvaiheiden rationalisointi ja eliminointi. Tällaisia töitä voivat olla esimerkiksi säteilylle altistava työ ja raskaiden kappaleiden käsittely. Työn ja tuotteiden tasalaatuisuus varmistetaan robotisoinnilla, jolloin inhimilliset virhetekijät pystytään minimoimaan. (Aaltonen & Torvinen 1997, 151.)

Teollisuusrobotteja on ryhdytty soveltamaan myös leikkaussaleissa. Kuviossa 6 esitetään leikkausrobotti. Vuoden 2001 lopussa lääkinnällisissä tehtävissä on ollut lähes 2000 robottia. Yleensä ne ovat olleet avustajina leikkauksissa. Lonkkaleikkauksessa robotti kykenee työstämään luuhun liityntäkolot proteeseja varten selvästi ihmistä tarkemmin. Tällöin toipuminen leikkauksestakin on selvästi nopeampaa. (Suomen automaatioseura ry, 2011.)



KUVIO6. Leikkausrobotti levossa.(Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri, 2011.)

Tietokoneavusteisen robottikirurgian etuina ovat instrumenttikärkien parempi liikkuvuus, kolmiulotteinen kuva, 10–15-kertainen suurennos, kirurgin sydämenlyönneistä johtuvan fysiologisen vapinan pois jääminen ja robottikäsien väsymättömyys. Nämä asiat mahdollistavat täsmäkirurgian, jonka avulla kudusrajojen erottelu helpottuu ja verenvuoto leikkauksen aikana vähenee. Myös leikkausaika lyhenee ja potilaat pääsevät sairaalasta pois entistä nopeammin. (Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri, 2011.)

IFR (Kansainvälinen robottiyhdistys) kerää tilastoja teollisuusrobottien vuosittaisista toimitusmääristä, jotka näkyvät kuviossa 7. Vuosittain toimitettujen teollisuusrobottien määrät ovat kasvaneet 2002 vuodesta lähes kaksinkertaisiksi vuoteen 2005 mennessä. Tästä eteenpäin määrät pysyivät tasaisina, kunnes vuonna 2009 toimitusmäärät tipahtivat

melkein puoleen. Viime vuoden toimitusmäärät palasivat jälleen takaisin aiempien vuosien toimitusmääriin. (IFR, 2011.)

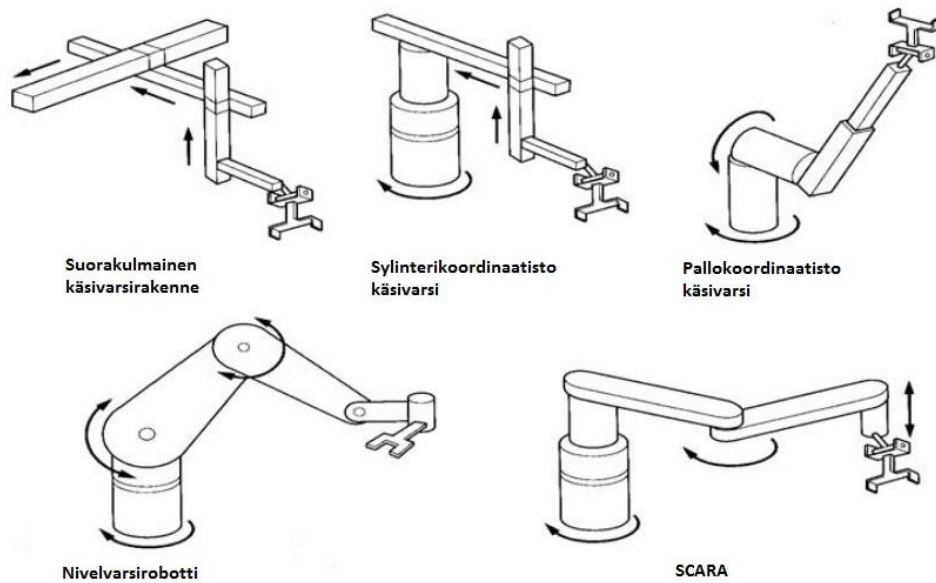


KUVIO7. Robottitilasto. (IFR 2011.)

3.3 Teollisuusrobottien rakenteita

Teollisuusrobotit jaetaan yleensä luokkiin niiden mekaanisen perusrakenteen ja liikekoordinaatiston mukaan, jotka esitetään kuviossa 8. (Suomen automaatioseura ry, 2011.)

- suorakulmainen
- rinnakkaisrakenteinen
- sylinteri
- napakoordinaatisto
- SCARA
- kiertyvänivelinen



KUVIO8. Robottien nimitykset. (mukaillen Lahden ammattikorkeakoulu, 2011.)

Kiertyvänivelinen on yleisin robottityyppi. Sen kaikki kuusi niveltä ovat kiertyviä. Työkalun suoraviivaiset liikkeet toteutetaan laskennallisesti. Tarvitaan interpolaatioksi ja käänteiseksi kinemaattiseksi tehtäväksi kutsuttuja laskentamenetelmiä. (Suomen automaatioseura ry, 2011.)

SCARA-robottia käytetään asennustehtäviin ylhäältä alas. Sen käsivarren kolme ensimmäistä niveltä ovat kiertyviä, ja niillä sen työkalu paikoitetaan halutun kohdan yläpuolelle. Nykyaikaisissa aistiohjatuissa robottisovelluksissa pelkkä uudelleen ohjelmoitavuus ei riitä, vaan robotit on saatava muodostamaan tuotteiden suunnittelutiedoista ja ympäristömallista liikeratansa, jota päivitetään prosessia tarkkailevien antureiden avulla. (Suomen automaatioseura ry, 2011.)

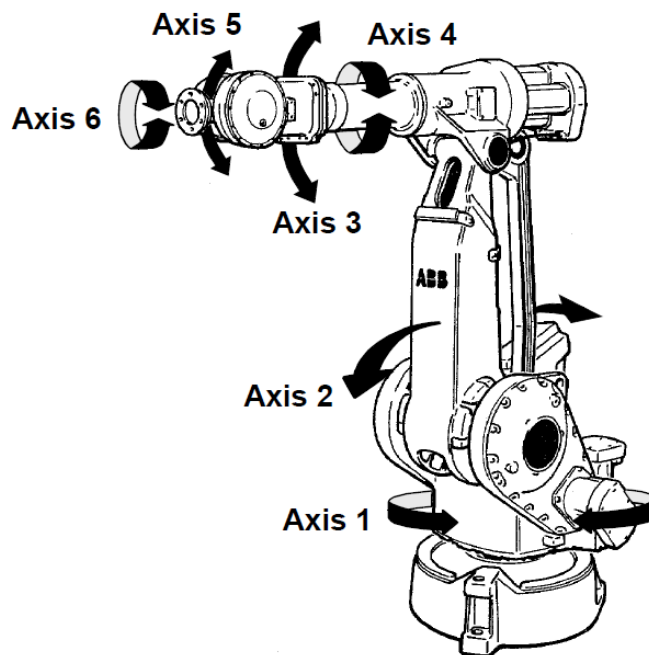
Tehtävässä toimiessaan robottijärjestelmä koostuu seuraavista komponenteista:

- työkalu
- ympäristöä tarkkailevat eli ns. prosessianturit tai –aistimet
- käsivarsi
- ohjausjärjestelmä
- ympärys- eli oheislaitteet
- liitännät robotin toimintaa mahdollisesti ohjaaviin ulkoisiin tietokoneisiin

Robottien yhteydessä huomio kiinnittyy usein liian paljon robotin käsivarteen, kun taas ohjausjärjestelmä on yleensä vaikeampi toteuttaa. Ohjausjärjestelmä vastaa ohjelmistoinen selvästi suuremmasta työpanoksesta robotin kehittämisessä. Samoin teollisuusrobotin osista ohjausjärjestelmä on yleensä kalliimpi. Teollisuusrobotti-sovellusten rakentamista on helpotettu ja tuotteistettu niin paljon kuin mahdollista. Esimerkiksi tarraimet ja työkalut valitaan valmiista moduuleista; usein vain kontaktipinta eli ”sormipalat” tulee suunnitella uutta sovellusta varten. Sovelluksia kopioidaan uuteen tilanteeseen siinä määrin, että esimerkiksi autovalmistajat eivät enää lähetä tarjouspyyntöjä kuin muutamalle robottisovellustalolle. (Suomen automaatioseura ry, 2011.)

3.4 Kiertyvänivelinen robotti

Teollisuuden yleisimmin käyttämä robotti on rakenteeltaan kiertyvänivelinen. Sen kaikki vapausasteet ovat kiertyviä. Yleensä teollisuusroboteista löytyy kuusi tai neljä vapausastetta, jotka esitetään kuviossa 9. Teollisuusrobottien tukivarret ovat lähes poikkeuksetta kytketty peräkkäin, tämän takia niitä kutsutaan myös käsivarsiroboteiksi. Näiden robottien kuormankantokyky on pienehkö, mutta ulottuvuus sitäkin monipuolisempi. (Lahden Ammattikorkeakoulu, 2011.)



KUVIO9. Vapausasteet. (ABB, 2000.)

Robottien käyttösovelluksissa robotin tarkkuus on hyvin oleellinen tekijä. Tyypillisesti robotit pystyvät ± 1 mm:n tarkkuuteen. Tarkimmat kokoonpanorobotit pystyvät jopa $+0.05 \dots 0.1$ millimetrin asemointitarkkuuteen. Suurimmat teollisuusrobotit pystyvät käsittelemään jopa satojen kilojen painoisia kappaleita, asemointitarkkuus näillä on luonnollisestikin huonompi kuin pienempien robottien jotka ovat tarkoitettu 1 – 5 kilon kappaleiden käsittelyyn. (Lahden Ammattikorkeakoulu, 2011.)

3.5 Tarttuja

Robotti tarvitsee käsivartensa päähän tarttujan, jolla se pystyy ottamaan kiinni liikuteltavasta kappaleesta. Tarttujan suunnittelussa täytyy punnita eri kiinnitys vaihtoehtoja. Magneetti on usein hyvä ratkaisu tarttujan kiinnitysratkaisuksi. Sen etuna on myös se, että jos tartuttavassa kappaleessa on öljyjäämiä edellisistä työvaiheista, magneetti tarttuu ja pysyy kiinni öljykalvosta huolimatta. Tartuttavan kappaleen valmistusmateriaali vaikuttaa siihen, voidaanko magneettia käyttää hyödyksi. Alumiini, ruostumaton teräs, kupari ja messinki ovat eräitä usein käytettyjä metalleja, joihin magneetti ei tartu kiinni. Edellä luetellut metallit eivät sisällä ferriittiä, jota vaaditaan metallilta, että magneetti pystyisi siihen kiinnittymään.

Toinen hyvin yleisesti käytetty tartuntamenetelmä on imukuppi. Imukupin täytyy olla riittävän suuri jotta se jaksaa kannatella tartuttavan kappaleen painon. Imukuppeja voidaan käyttää useita samassa tarttujassa, jolloin saadaan parempi kiinnitys pienemmilläkin imukupeilla. Imukuppien sijoituskohtiin tulee kiinnittää huomiota. Jos kappaleessa on reikiä, imukupit pitää sijoittaa niin, etteivät ne osu reunoiltaan reikien kohdalle. Tällöin olisi vaarana imukupin irtoaminen, kun alipaine pääsisi katoamaan reiän kautta tulevan ilman takia imukupista.

3.6 Oheislaitteet

Tarttujan lisäksi robotti tarvitsee toimiakseen erilaisia apuvälineitä kuten noutoteline, keskitysteline jne. Noutoteline on laite johon työntekijä asettaa kappaleet robotin ulottuville. Noutotelineeseen asetetaan kappaleet tiettyyn järjestykseen, josta robotti kykenee ne noutamaan omatoimisesti. Vaikka kappaleet olisivat asetettu hyvään järjestykseen tarkasti noutotelineeseen, niin yleensä osa kappaleista liikahtaa jossain

vaiheessa, esimerkiksi kun robotti nostaa päällimmäistä kappaletta, niin alempi nousee hieman ylemmän kappaleen mukana, mutta tipahtaakin heti hieman eri kohtaan. Tällaisen tilanteen korjaamiseen käytetään hyvin usein keskitystelinettä. Keskitysteline on robotin apuväline johon robotti pudottaa työkappaleen hyvin läheltä, yleensä noin 10-20millimetrin etäisyydeltä. Kappale putoaa telineessä omalla painollaan aina samaan kohtaan, josta robotti ottaa sen tarttujallaan kiinni. Näin työkappale saadaan joka kerta samaan asentoon tarttujaan.

4 PURISTINTYÖVAIHEEN AUTOMATISOINTI

4.1 Suunnittelussa käytetyt ohjelmistot

Epäkeskopuristimen ja muiden tarvittavien laitteiden suunnitteluun käytin Solidworksin ja Visual Componentsin 3DCreate-suunnitteluohjelmistoa. Olin käyttänyt Solidworks- ja 3DCreate-ohjelmistoja jo aiemmin opiskeluaikana ja nyt pääsin hyödyntämään näitä oppimiani taitoja. 3DCreate on Visual Componentsin laajasti käytössä oleva suunnitteluohjelmisto. Se kuuluu Visual Componentsin simulaatio-ohjelmistoperheeseen, joka sisältää 3DCreate-, 3DRealize- ja 3DVideo-ohjelmistot. (Visual Components 2011.)

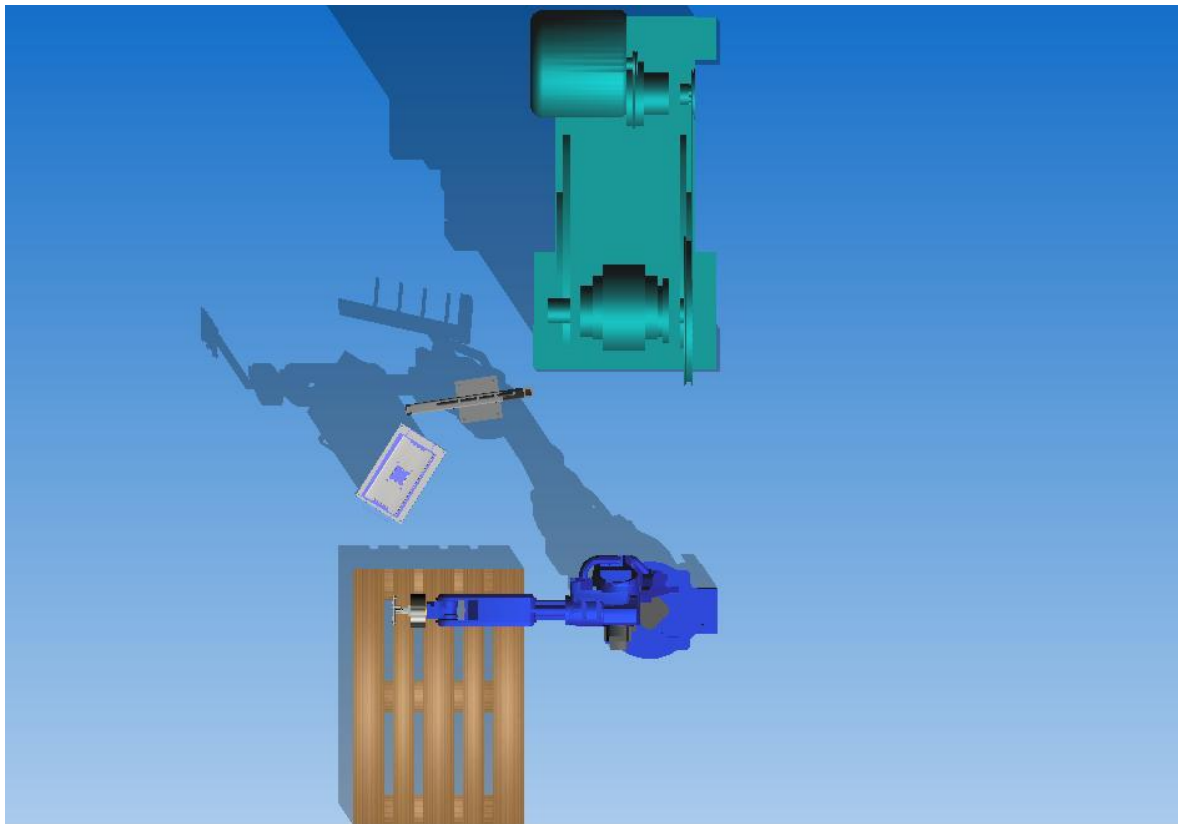
Ohjelmistot tarjoavat työkalut monimutkaisten visuaalisten tehdaskokonaisuuksien tai yksittäisten laitteiden luomiseen, kokoamiseen ja katseluun. Laitteet ovat komponentteja, jotka koostuvat CAD-geometrioista, -rajapinnoista ja -ominaisuuksista. Komponentit matkivat oikeaa laitetta ja niitä voidaan käyttää uudelleen eri projekteissa. Ohjelma sisältää paljon valmiita komponentteja, jotka ovat mallinnuksia oikeista laitteista. Lisäksi Visual Components 3DCreatella voi luoda omia komponentteja. Usean komponentin kokonaisuuden voi esittää ja tallentaa layouttina, jolloin yhdestä tiedostosta voi ladata kokonaisen tehtaan simulaation. (Visual Components 2011.)

3DCreate on komponenttien mallinnukseen ja ohjelmoimiseen tarkoitettu ohjelmisto, jonka avulla voi rakentaa ja julkaista 3D-simulaatiokomponentteja, layouteja sekä uusia 3D-simulaatioita. 3DCreatella voi tuoda 3D CAD-kuvia ohjelmaan, jotka se sitten osaa optimoida toimimaan sujuvasti myös tavallisissa tietokoneissa. 3DCreate sisältää kaiken toiminnallisuuden mitä 3DRealize ja 3DVideoonkin ja se on samalla myös ohjelmiston kehitysympäristö. Kehitysympäristö tarjoaa mahdollisuuden sisällyttää simulaatiomallit muihin ulkoisiin ohjelmiin tai kehittää simulaatiosovelluksia, joissa on paljon muutakin toiminnallisuutta. (Visual Components 2011.)

4.2 Layout- suunnittelu

Epäkeskopuristimella oli käytössään noin 3,5 metriä x 2,5 metriä kokoinen turvaverkoilla aidattu tila. Robotti ei olisi mahtunut käytössä olleeseen tilaan, eikä nykyisellä sijoituspaikalla ollut laajennusvaraa. Tämän vuoksi uusi tila täytyi löytää muualta.

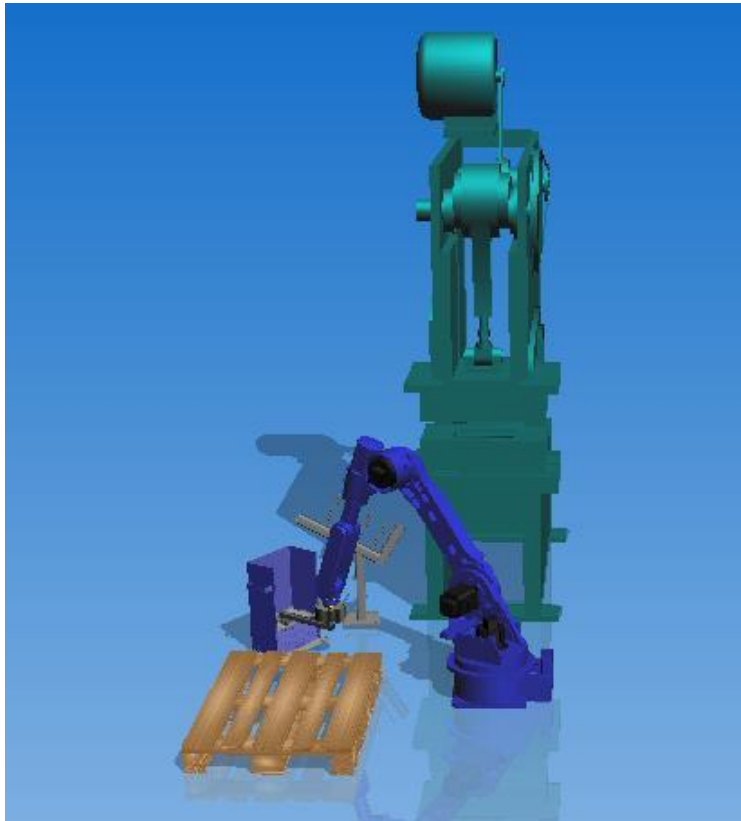
Tarvittava tila löytyi epäkeskopuristimen nykyisen sijoituspaikan läheisyydestä. Epäkeskopuristimelle, robotille ja muille soluun tuleville laitteille varattiin 4 metriä x 4 metriä kokoinen alue tuotantotiloista. Tilan takaosassa oli teollisuushallin ulkoseinä, oikealla laidalla viereisen epäkeskopuristinsolun turvaverkko. Etualalta tila rajoittui kahden metrin levyiseen käytävään. Turvaverkko täytyisi suunnitella tilan vasempaan ja etureunaan. Etualalla olisi mahdollista käyttää myös turvaloverhoa. Alueelle täytyisi päästä tuomaan ja hakemaan kuormalavoja, sekä metallinauhakeloja. Kuviossa 10 esitetään laitteiden sijoituspaikat 3DCreatella tehdyssä layoutissa.



KUVIO10. Layout ylhäältä.

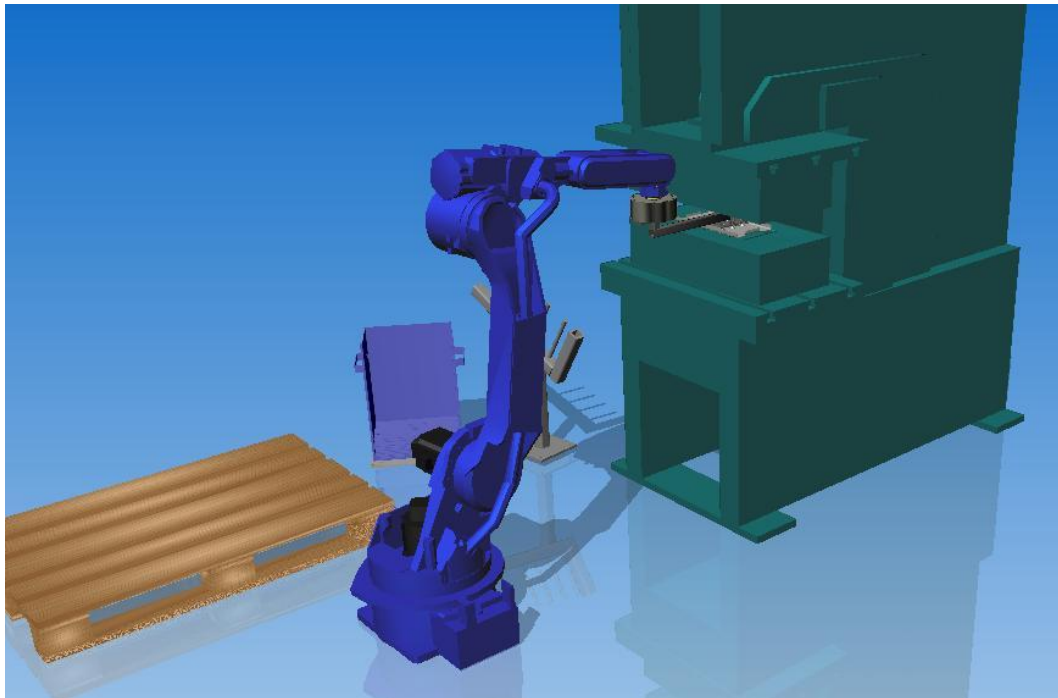
4.3 Työkierto

Robotin työkierto alkaa robotin ottaessa kappaleen noutotelineestä, jossa aihioita on 54 kappaletta. Noutoteline näkyy kuviossa 11.



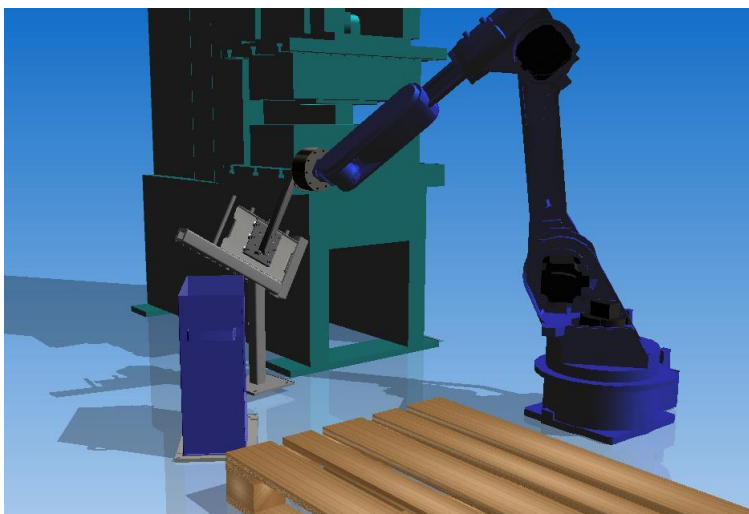
KUVIO11. Kappaleen ottaminen noutotelineestä.

Jos tarttujassa oleva induktiivinen anturi saa tiedon että kappale on keskittynyt oikein, robotti vie kappaleen epäkeskopuristimen työkalun päälle, joka esitetään kuviossa 12.



KUVIO12. Kappaleen asettaminen puristintyökalun väliin.

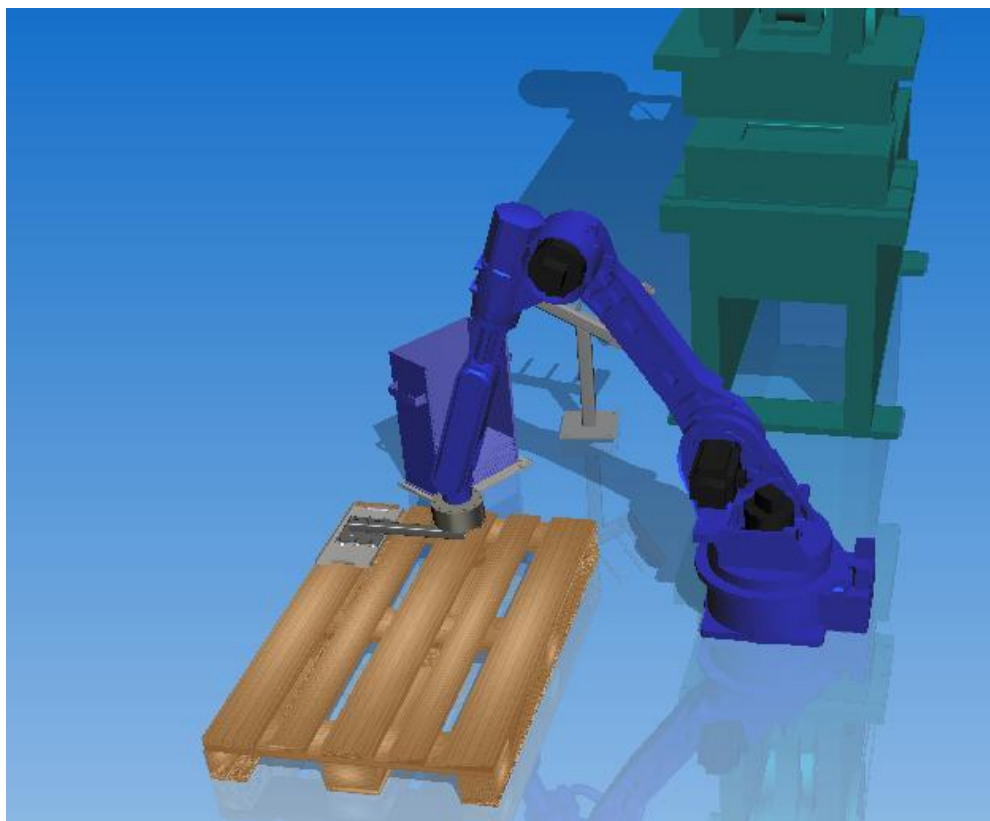
Induktiivisen anturin ansiosta robotti saa tiedon onko kappale keskittynyt oikein. Jos kappale ei ole keskittynyt tarttujaan kunnolla, se antaa tiedon robotille ja robotti tekee vaihtoehtoisen työkierron viemällä kappaleen keskitystelineeseen, jossa kappale on kuviossa 13.



KUVIO13. Kappaleen keskittäminen telineessä.

Kun kappale on keskitetty uudestaan, robotti vie kappaleen epäkeskopuristimen työkalun päälle ja antaa puristimelle käskyn tehdä työliikkeen. Puristin esitettiin kuviossa 12.

Kun puristimelta tulee tieto takaisin robotille, että työliike on suoritettu, robotti noutaa taivutetun kappaleen ja vie sen kuormalavalle, joka näkyy kuviossa 14. Robotille on ohjelmoitu valmiiden kappaleiden pinoaminen tiettyyn järjestykseen, jotta ne pysyvät siisteissä pinoissa poiskuljettamiseen saakka.



KUVIO14. Valmiin kappaleen asettaminen kuormalavalle.

4.4 Mallintaminen

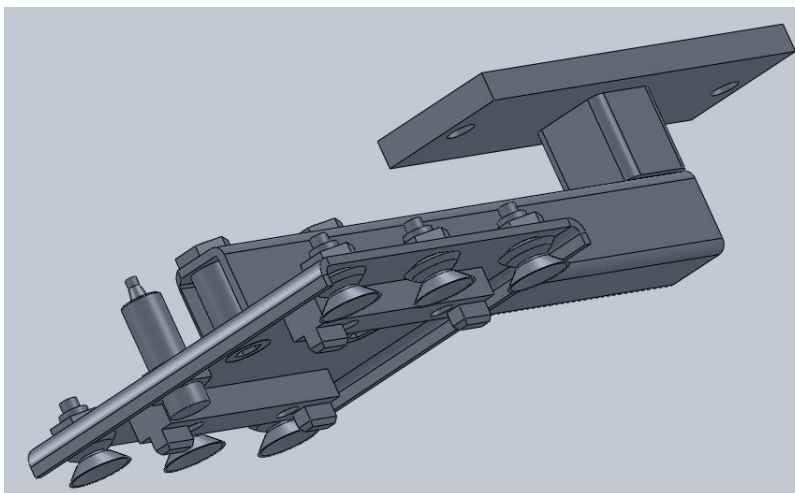
Epäkeskopuristimen 3D-mallintamisessa käytettiin SolidWorks-ohjelmistoa. Ohjelmisto oli tullut tutuksi jo opiskeluaikana. Yrityksessä mitattiin epäkeskopuristimesta ne mitat joita tarvittiin puristimen mallintamiseen. Kuvien ja mittojen perusteella aloitettiin puristimen rungon mallintaminen.

Kun runko oli mallinnettu ja mitoitettu oikein, aloitettiin mallintamaan puristimen muut osat: epäkeskeinen akseli, joka suorittaa työliikkeen. Puskin johon kiinnitetään ylätyökalu.

Kiertokanki jolla kampiakseli ja puskin ovat yhdistettyinä toisiinsa. Moottori joka pyörittää ensimmäistä akselia, jossa on työliikkeen aikaansaava kytkin. Viimeisenä mallinsin kytkinakselin, kampiakselin hihnapyörät, sekä kiilahihnan.

Mallinnuksessa käytettiin vain yhtä kiilahihnaa, jotta saatiin simuloitua akselien pyörimisliikkeet. Todellisuudessa kyseisessä epäkeskopuristimessa on 4 kiilahihnaa rinnakkain. Epäkeskopuristimen mallintamisen valmistuttua oli puristintyökalun mallintamisen vuoro. Työkalun mallintamisessa oli tärkeää saada siitä oikean muotoinen, jotta sen avulla pystyttäisiin myöhemmässä vaiheessa simuloimaan puristustyövaihe.

Tarttujan mallintaminen aloitettiin suunnittelemalla tässä työssä käytettävät kiinnitysratkaisut. Magneetti on usein hyvä ratkaisu tarttujan kiinnitysratkaisuksi. Sen etuna on myös se, että jos tartuttavassa kappaleessa on öljyjäämiä edellisistä työvaiheista, magneetti tarttuu ja pysyy kiinni öljykalvosta huolimatta. Tämän työvaiheen automatisoinnissa valmistettava kappale on valmistettu alumiinista, joten magneetti ei tule kysymykseen. Alumiini ei sisällä ferriittiä, jota vaaditaan metallilta, että magneetti pystyisi siihen kiinnittymään. Toinen hyvin yleisesti käytetty tartuntamenetelmä on imukuppi. Imukuppi soveltuu tähänkin työhön erinomaisesti. Yrityksestä löytyy valmiiksi tähän työhön soveltuvia pieniä imukuppeja. Pienessä imukupissa imuteho ei riitä varmistamaan kappaleen luotettavaa kiinnittymistä tarttujaan, mutta lukumäärää lisäämällä saavutetaan kappaleen luotettava kiinnittyminen laajalta alalta. Kuviossa 15 esitetään mallinnettu tarttuja, jossa on 6 kappaletta imukuppeja.



KUVIO15. Tarttuja.

Tarttujaan oli tarkoitus tehdä jonkinlainen tunnistus, jotta tiedetään onko kappale kiinnittynyt tarttujaan oikein vai ei. Tähän tarkoitukseen on yrityksessä aiemminkin käytetty sähköisiä antureita. Usein robottisovelluksissa levymäinen kappale otetaan robotin tarttujalla suoraan pinosta, käytetään keskitystelineessä, sitten vasta tehdään työ eli tässä tapauksessa laitetaan epäkeskopuristimen työkalun väliin. Keskittäminen vie kuitenkin työkierrosta aikaa 5-10 sekuntia. Tämä halutaan jättää väliin tehokkuutta etsittäessä.

Ratkaisuksi voidaan käyttää tarttujaa, joka kappaleeseen tarttuessaan suorittaa kappaleen keskityksen. Tässä tuotteessa on pyöreitä reikiä, jotka sopisivat hyvin keskittämiseen pyöreiden kartiomallisten ohjareiden kanssa. Asiaa pohtiessani ajattelin kuitenkin, että tulevia kehitystoimia ajatellen niitä pyöreitä reikiä ei kannata käyttää tähän tehtävään. Kyseisiin reikiin asennetaan epäkeskovaiheen jälkeen puristemutterit.

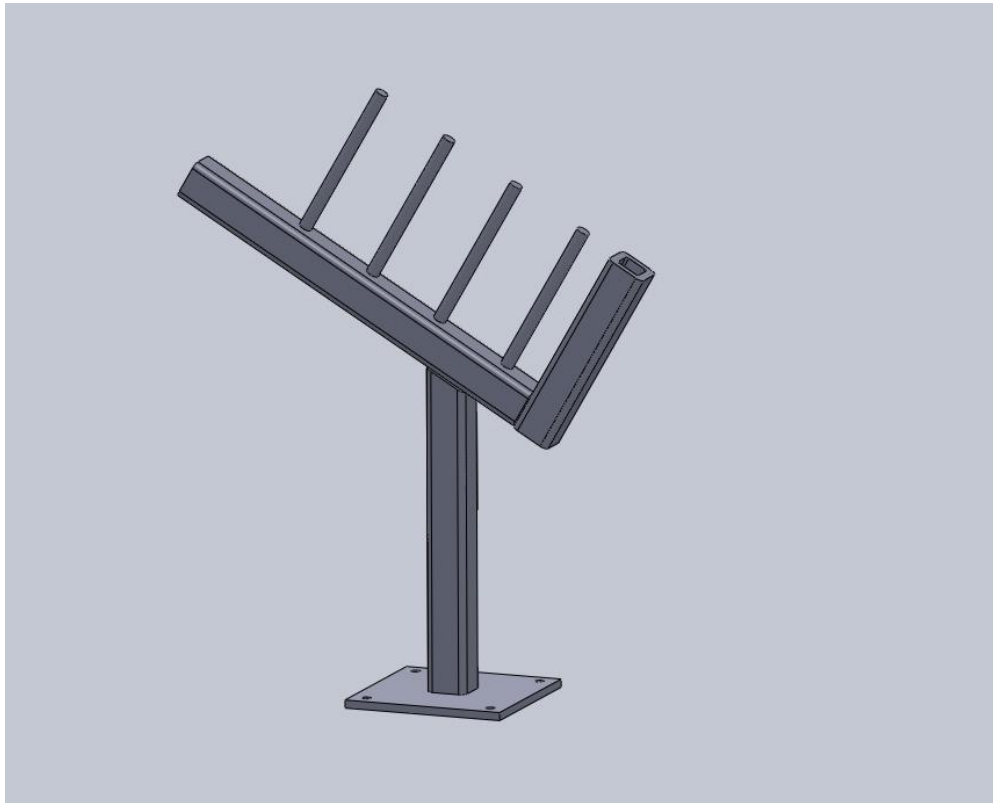
Tulevaisuudessa tämäkin vaihe on mahdollista automatisoida robotilla tehtäväksi, joten päätin jättää ne reiät hyödyntämättä tähän keskitystehtävään. Kappaleessa oli myös neljä suorakaiteenmuotoista aukkoa, jotka sopivat kappaleen keskittämiseen mainiosti. Näitä käytettäessä samalla tarttujalla on mahdollista myöhemmin käsitellä samaa kappaletta esimerkiksi puristemuttereiden asentamisen automatisoidussa tehtävässä.

Tarttujan anturointia suunnitellessa vaihtoehtoina olivat mekaaninen rajakytkin ja kosketuksettomat lähestymiskytkimet. Laitteiston vaatimuksena oli varma toiminta ja luotettavuus, eli anturin pitää toimia aina varmasti ja nopeasti. Anturointia miettiessä päädyttiin induktiiviseen anturiin, joita on yrityksessä käytetty automatisointisovelluksissa aiemminkin.

Keskitystelineen mallintaminen. Keskitystelineessä robotti pystyy keskittämään kappaleen, jos kappale ei ole keskittynyt tarttujaan oikein. Tässä työssä tämä työvaihe pyrittiin poistamaan, mutta aina tarttuja ei pysty syystä tai toisesta keskittämään työkalua.

Tarttujaan asennettu anturi tunnistaa onko työkalu keskittynyt tarttujaan oikein. Jos työkalu ei ole keskittynyt tarttujaan oikein, robotti saa anturista tiedon ja tekee itsenäisesti keskityksen laittamalla työkalu kappaleen keskitystelineeseen ja ottamalla sen jälkeen uudestaan kappaleesta kiinni. Jos työkalu ei tässäkään vaiheessa ole keskittynyt

oikein anturitiedon perusteella, menee robotti vikatilaan ja jää odottamaan robotinkäyttäjän korjaavia toimenpiteitä. Tällä kuitenkin saadaan korjattua useita vikatilanteita joissa työkappale ei ole keskittynyt tarttujaan ensimmäisellä kerralla kunnolla ja säästettyä solun pysähdyksissä oloaikaa. Mallinnettu keskitysteline esitetään kuviossa 16.

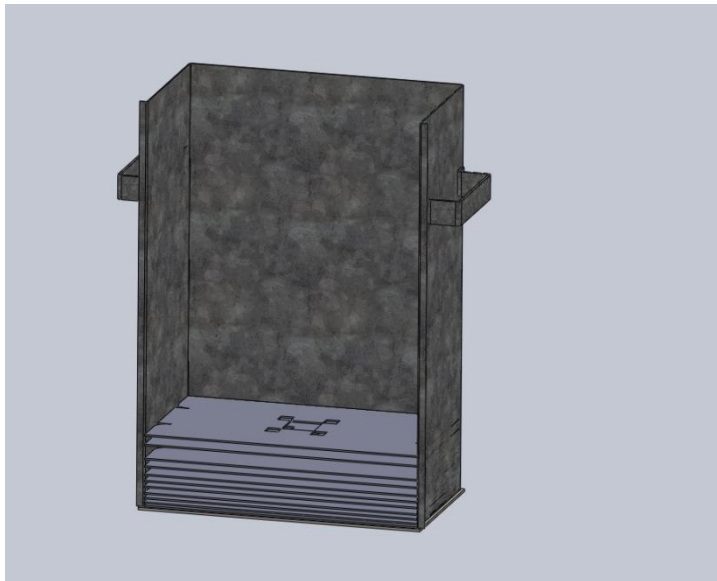


KUVIO16. Keskitysteline.

Työkappaleen noutotelineen mallintaminen aloitettiin miettimällä sen vaatimuksia. Telineen olisi oltava sellainen, että siihen saisi ladottua levymäiset työkappaleet tarkasti kaikki samalla tavalla. Telineen enimmäispaino työkappaleiden kanssa saisi olla 20 kilogrammaa, jos se olisi käsin siirrettävä. Työpaikalla on huolehdittu työn ergonomiasta ja työntekijöiden jaksamisesta. Tässä yhteydessä työntekijöiden taakannostorajoitukseksi on määritetty 20 kilogrammaa. Telineeseen pitäisi kuitenkin saada mahtumaan riittävästi työkappaleita, jotta robotin itsenäinen työkierto telineen täytöstä uudelleen täyttöön kestäisi esimerkiksi puolesta tunnista kahteen tuntiin.

Noutotelineen suunnittelussa päädyttiin käsin siirrettävään telineeseen, joka esitetään kuviossa 17. Näitä telineitä on solussa vähintään kaksi kappaletta. Aina kun toinen teline on solun sisällä, toinen teline on solun ulkopuolella, jolloin robottisolun käyttäjä täyttää sen valmiiksi työkappaleilla. Kun edellinen teline tyhjenee, robotti sytyttää punaisen merkkivalon ja jää odottamaan käyttäjää. Robotin käyttäjä käy vaihtamassa täyden noutotelineen ja antaa robotille luvan jatkaa työtehtäviään. Noutotelineen täytyy sijaita aina tarkasti samassa kohdassa solua, jotta robotti pystyy ottamaan kappaleet siitä. Tätä ongelmaa pohdittaessa tultiin tulokseen, että noutotelineelle pitää olla jonkinlainen kiinteä asema, johon se paikoitetaan aina telineitä vaihdettaessa.

Noutotelineelle suunniteltiin oma teline, joka kiinnitetään kiinteästi solun lattiaan. Näin vaihdettu teline tulee aina tarkasti samaan kohtaan kuin edellinenkin teline. Liikuteltavan noutotelineen painoksi muodostui 6,46 kilogrammaa. Työkappaleen painaessa 325 grammaa, niitä mahtuu telineeseen 54 kappaletta, kokonaispainon pysyessä sallitussa 20 kilogrammassa.

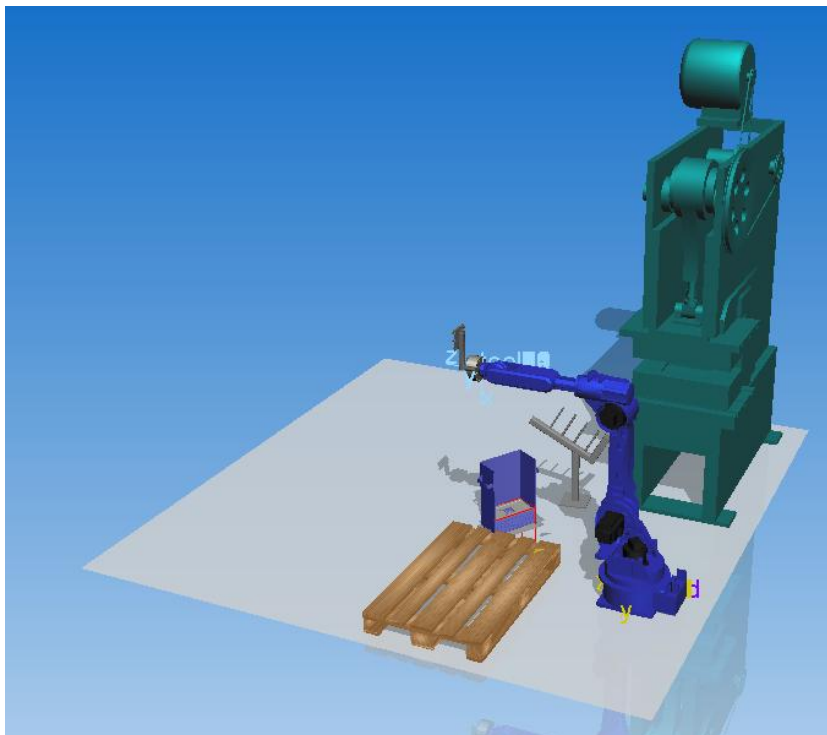


KUVIO17. Noutoteline.

5 TULOKSET

Työn tavoitteena oli suunnitella epäkeskopuristimen automatisointi robottia hyödyntäen. Kyseinen työ rajoittui koskemaan ainoastaan yhtä tiettyä tuotannossa olevaa tuotetta, jonka valmistusmäärä oli kasvanut viime vuodesta alkaen suuresti aiempaan verrattuna.

Tuotantosolu piti suunnitella kokonaan alusta asti. Ainoastaan epäkeskopuristin ja siihen kytketty kelan syöttö- ja oikaisulaitteisto olivat samalla tavalla kuten entisessä solussa. Laitteiden sijoittelu oli haastavaa, jotta ne saatiin kaikki mahtumaan riittävän pienelle alueelle, kuitenkin niin, että kaikki työliikkeet olivat mahdollisia suorittaa esteettä. Simuloimalla solun, löysin laitteille oikeat sijoituspaikat, jotta toiminta olisi sujuvaa. Tarttujan varsi oli ensimmäisessä versiossa liian lyhyt. Robotin työkalunkiinnityspää törmäsi epäkeskopuristimen runkoon. Tarttujan vartta jatkamalla ongelma ratkesi. Lopputuloksena syntyi halutunlainen solu, joka on mahdollista toteuttaa tarvittaessa. Mallinnettu solu esitetään kuviossa 18.



KUVIO18. Mallinnettu solu.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyötä aloittaessa työstä rajattiin turvallisuusnäkökohtien tarkempi suunnittelu pois. Turvallisuus olisi seuraava kohde kehitettävässä solussa ja se olisi toteutettava ennen kuin solu voitaisiin ottaa käyttöön. Robotisoinneissa on aina otettava ratkaisun vaatima työturvallisuus huomioon. Tällä yritetään rajata pois kaikki mahdolliset robottien ja muiden laitteiden aiheuttamat vaaratekijät ihmisille ja muulle ympäristölle. Tämän työn kohteena oleva robotti oheislaitteineen eristetään muusta ympäristöstä minun ajatusteni mukaan sivuilta turva-aidoilla, takaa hallin betoniseinällä ja etupuoletta valokennolla. Valokennon läpi kuljettaessa robotti ja epäkeskopuristin pysähtyisivät heti siihen vaiheeseen mitä olivat tekemässä valokennon säteen katketessa. Turvajärjestelmien toteuttamisvastuu on yleensä robottitoimittajalla. Tässä projektissa ei ole yksikään robottitoimittaja mukana, koska robotti ja muut oheislaitteet ovat yrityksessä jo valmiiksi olemassa. Ne muuteltaisiin uudelleenlaisiksi soluksi, jolla olisi parempi tuottavuus robotin yhtäjaksoisen pitkän työkierron ansiosta.

LÄHTEET:

Aaltonen Kalevi & Torvinen Seppo. Konepaja-automaatio. 1997. Porvoo: WSOY

Aaltonen Kalevi, Andersson Paul & Kauppinen Veijo. Levytyö- ja työvälinetekniikat. 1997. Porvoo: WSOY.

Fonselius Jaakko, Pekkola Kari, Selosmaa Seppo, Ström Markku & Välimaa Taisto. Automaatiolaitteet. 2. painos. 2009. Helsinki: Oy Edita Ab.

Heinonkoski Risto, Asp Risto & Hyppönen Heikki. Automaatio – helppoa elämää? 2008. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy.

Ihalainen Erkki, Aaltonen Kalevi, Aromäki Mauri & Sihvonen Pentti. Valmistustekniikka. 13. painos. 2009. Helsinki: Otatieto.

Keinänen Toimi, Kärkkäinen Pentti, Metso Tommi, Putkonen Kari. Koneautomaatio 2. 2001. Porvoo: WSOY.

Kippo Asko & Tikka Aimo. Automaatiotekniikan perusteet. 2008. Helsinki: Edita Prima Oy.

SFS-EN 775 Teollisuusrobotin määritelmä. 1993. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS

Dirinler, 2011. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.dirinler.com/> Luettu 8.10.2011

Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri, 2011. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.hus.fi/default.asp?path=1,28,2052,11786,14487,2053,2734,26555 Luettu 8.10.2011

IFR (Kansainvälinen robotiikka yhdistys), 2011. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.worldrobotics.org/uploads/media/2011_Executive_Summary.pdf Luettu 23.10.2011

Lahden ammattikorkeakoulu, 2011. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Robotiikka_yleinen.pdf Luettu 7.7.2011

Mecanova Oy, 2011. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.mecanova.com Luettu 30.10.2011

Suomen automaatioseura ry, 2011. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/Robotit.doc Luettu 7.7.2011

Visual Components, 2011. WWW-dokumentti. Saatavissa www.visualcomponents.com/ Luettu 21.4.2011